

넙다리네갈래근의 신경근전기자극치료가 무릎관절 전치환술 환자의 균형에 미치는 영향

조 훈¹ · 임상철¹ · 김 경^{2*}

¹대구대학교 물리치료학과 연구원, ^{2*}대구대학교 물리치료학과 교수

The Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation of the Quadriceps Femoris on the Balance in Patients with Total Knee Arthroplasty

Hoon Jo, PT, MS¹ · Sang-Cheol Im, PT, Ph.D¹ · Kyoung Kim, PT, Ph.D^{2*}

¹Dept. of Physical Therapy, Daegu University, Researcher

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Daegu University, Professor

Abstract

Purpose : This study aimed to investigate how neuromuscular electrical stimulation (NMES) affects the balance ability of patients who have undergone total knee arthroplasty owing to osteoarthritis.

Methods : Thirty patients who had undergone total knee arthroplasty were randomized to an experimental group (n=15) and a control group (n=15). The experimental group received conventional physical therapy for 50 minutes and NMES treatment for 30 minutes, whereas the control group received conventional physical therapy for 50 minutes and active range of motion (AROM) exercises for 30 minutes. Within-group and between-group changes in static and dynamic balance ability before and after the 4-week intervention were analyzed.

Results : In the within-group comparison, sway velocity in the center of gravity and total distance were significantly improved in both the experimental and control groups ($p < .05$), with no significant differences between the groups ($p > .05$). In the within-group comparison, both the experimental and control groups showed significant improvement in the functional reach test and movement velocity ($p < .05$). In the between-group comparison, the experimental group showed a significantly better improvement than the control group in the functional reach test ($p < .05$), but there was no significant difference in the movement velocity test ($p > .05$).

Conclusion : In this study, NMES improved the static and dynamic balance in patients who had undergone total knee arthroplasty. Compared with AROM exercises, there was a greater effect on dynamic balance partially; however, the overall effect was similar. Therefore, NMES may be one option among various interventions to improve the balance ability in patients who have undergone total knee arthroplasty. In particular, this method may be effective when it is difficult to apply balance training for patients with total knee arthroplasty in a clinical setting.

Key Words : balance, neuromuscular electrical stimulation, quadriceps femoris, total knee arthroplasty

*교신저자 : 김경, kykim257@hanmail.net

제출일 : 2023년 4월 15일 | 수정일 : 2023년 5월 5일 | 게재승인일 : 2023년 5월 19일

I. 서론

뼈관절염은 관절에 영향을 미칠 수 있는 가장 흔한 진행성 근육뼈대계 질환으로 주로 체중부하 관절인 엉덩관절과 무릎관절에 영향을 미친다(Bortoluzzi 등, 2018). 무릎관절 뼈관절염은 관절연골뿐만 아니라 윤활막, 인대, 근육의 구조적 변형을 특징으로 한다(Swinger 등, 2019). 전 세계적으로 2억 5천만 명이 무릎관절 뼈관절염을 앓고 있는 것으로 추정되며(Carlson 등, 2019), 노인 인구의 장애에 허리통증 다음으로 영향을 미치는 흔한 질환이다(Prince 등, 2015). 치료에는 삶의 질과 일상생활에서의 기능 개선 그리고 통증 감소를 목표로 물리치료, 약물치료, 주사 치료, 체중조절 및 운동 등의 보존적 방법이 있다(Kan 등, 2019). 하지만, 보존적 방법이 효과가 없는 경우에는 수술적 치료방법인 무릎관절 전치환술을 시행하게 된다(Uivaraseanu 등, 2022).

무릎관절 전치환술은 뼈관절염에 대한 가장 일반적인 외과적 치료방법으로 통증 감소 및 기능의 개선을 기대할 수 있다(Liddle 등, 2013). 반면에 무릎관절 전치환술을 시행한 환자에서 고유수용성감각 및 균형 능력의 감소가 흔하게 보고되고 있다(Shin & Lee, 2018). 균형은 움직이는 동안 인체의 무게 중심을 유지하도록 조절하는 것으로 정적 균형과 동적 균형으로 나뉜다(Pirayeh 등, 2022). 정적 균형은 고정된 지지면에서 흔들림 없이 자세를 유지하는 능력이며, 동적 균형은 지지면이 움직이거나 외부 자극이 있을 때 또는 스스로 몸을 움직일 때 자세를 안정되게 유지하는 능력을 말한다(Lesinski 등, 2015). 무릎관절 전치환술 환자의 균형 능력 감소는 수술 전 병리적 상태와 수술 방법 및 수술 후 관리 등에 의해 달라진다(Domínguez-Navarro 등, 2018). 선행연구에서는 무릎관절 전치환술 환자의 균형을 유지하기 위해서 평형감각 시스템의 조절과 하지 근육의 근력 강화가 필요하다고 하였다(Mistry 등, 2016).

넙다리네갈래근의 동적인 조절능력은 무릎관절의 안정화에 크게 기여한다. 하지만, 무릎관절 전치환술 환자는 초기에 넙다리네갈래근의 근력 약화가 나타나 환자의 균형 능력이 저하된다(Kittelson 등, 2013). 선행연구에서는 넙다리네갈래근의 근력 강화가 자세 안정성과 균

형 능력을 증가시킨다고 하였다(Rätsepsoo 등, 2013). 따라서 넙다리네갈래근의 근위축을 예방하고 근력을 증가시켜 무릎관절 전치환술 환자의 균형 능력을 개선시키기 위한 다양한 치료방법 중 신경근전기자극치료가 임상에서 많이 사용되고 있다. 무릎관절 전치환술 환자를 대상으로 한 연구에서는 신경근전기자극치료가 넙다리네갈래근의 근력 손실을 효과적으로 줄이고 기능적 성능을 향상시킨다고 하였다(Stevens-Lapsley 등, 2012). 무릎관절 전치환술 환자에게 수술 전에 신경근전기자극치료를 적용한 연구에서는 수술 전의 신체 기능과 삶의 질 측면에서 유익한 효과가 있다고 보고하였다(Savkin 등, 2021). 또한, 무릎관절 전치환술 후 신경근전기자극치료를 적용하였을 때 넙다리네갈래근의 근력과 기능을 향상시키고 통증을 감소시킨다고 보고하였다(Peng 등, 2021).

지금까지 살펴본 바와 같이 선행연구에서는 신경근전기자극치료가 무릎관절 전치환술 환자의 근력과 기능 및 통증에 미치는 영향에 관한 연구가 대부분이었으며, 균형 능력에 미치는 영향에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 또한, 무릎관절 전치환술 환자의 균형 능력은 일상생활 활동에서 낙상의 위험성과 밀접한 연관이 있다. 따라서 본 연구의 목적은 무릎관절 전치환술 환자의 넙다리네갈래근에 신경근전기자극치료를 적용하여 정적 균형과 동적 균형에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 이를 통해 임상에서 무릎관절 전치환술 환자의 균형 능력 향상에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 경상북도 포항시 소재 종합병원에서 뼈관절염으로 무릎관절 전치환술을 시행한 환자를 대상으로 실시하였다. 적절한 대상자 수를 결정하기 위해 G*power(Version 3.1.9.4, Universität Kiel, Germany)를 사용하여 계산하였다. 본 연구와 연구 대상과 중재방법 및 디자인이 같은 선행연구의 넙다리네갈래근 근력 변수를 참고하였다(Klika 등, 2022). 효과크기 1.00, 유의수준 .05,

검정력 .80으로 계산한 결과 총 30명의 대상자가 산출되었다(Faul 등, 2009). 연구 대상의 중도 포기 및 측정 실패를 고려하여 34명의 참가자들을 모집하였다.

선정기준은 65세 이상 85세 이하의 무릎관절에 뼈관절염으로 진단받고 한쪽 무릎관절 전치환술을 받은 환자, 수술 후 14일이 지나고 보행이 가능한 자, 본 연구의 중재방법과 측정방법에 동의한 환자이다. 제외기준은 염증성 질환, 엉덩관절 및 발목관절의 수술 이력, 발목관절의 불안정성, 류마티스 관절염, 인지 장애, 간질 병력, 심장박동조율기 삽입 환자이다(Cheuy 등, 2023; Lee 등, 2021). 모든 참가자들에게 연구의 목적과 내용을 설명하고 자발적인 참가 동의서를 서면으로 받았다. 본 연구는 헬싱키 선언에 따라 수행되었으며, 대구대학교 생명윤리 위원회의 승인을 받았다(1040621-201711-HR-028-002).

2. 실험절차

본 연구는 사전-사후 검사 대조군 설계로 연구 대상은 중재 방법에 따라 실험군과 대조군으로 무작위 배정되었다. 각 군은 사전검사 후 4주 동안 주 5회의 중재를 받고 사후 검사를 실시하였다(Fig 1). 중재 전과 후에 연구 대상자의 정적 균형과 동적 균형에 대한 평가를 실시하였다.

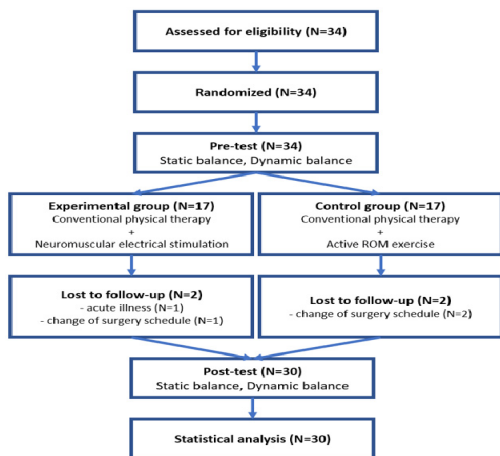


Fig 1. Diagram of experimental procedure

1) 실험군

실험군은 전통적인 물리치료를 받은 후 신경근전기자

극치료를 하였다. 전통적인 물리치료는 냉치료 5분, 저주파치료 15분, 지속적수동운동 장비를 이용한 수동관절가동범위운동 30분이었다. 신경근전기자극치료는 신경근전기자극기(Dynatens 301, Best, Korea)를 사용하였다. 넙다리네갈래근의 근복을 중심으로 면쪽과 몸쪽의 운동 점을 확인한 후 2개의 전극을 배치했다(Fig 2).



Fig 2. Electrode placement

전류 강도를 증가시키면서 3~5초 동안 근수축을 6~8회 시행하여 각 전류의 최대 내성 강도(maximal tolerated intensity)를 결정하여 전류 강도를 설정하였다. 순환주기는 10초 자극 후 20초 동안 휴식으로 설정하여 30분간 실시하였다(Yoshida 등, 2017). 참가자들은 발이 지면에 닿지 않는 앉은 자세에서 전기 자극 시에 무릎관절을 최대한 힘을 가하여 펴고 자극 시간이 종료될 때까지 10초간 유지했다. 휴식기에는 시작 자세로 돌아와 최대한 이완하여 다음 자극이 시작될 때까지 20초간 충분히 쉬도록 하였다. 참가자들에게는 전기 자극 시간과 휴식 시간에 대한 자세와 동작에 대해 충분히 설명한 뒤 신경근전기자극치료를 진행하였다.

2) 대조군

대조군은 실험군과 마찬가지로 전통적인 물리치료를 시행한 후 능동관절가동범위운동을 실시하였다. 능동관절가동범위운동은 실험군과 동일하게 지면에 발이 닿지 않는 앉은 자세에서 실시하였다. 운동절차는 실험군과 동일하게 설정하였다. 참가자들은 설정된 타이머에 맞춰 운동 신호에는 최대한 힘을 주어 무릎관절을 펴하여 10

초간 유지하고 20초의 휴식 신호에는 최대한 이완하여 충분히 쉬도록 하였다. 능동관절가동범위운동은 실험군과 동일하게 30분간 실시하였다.

3. 측정도구 및 측정방법

1) I balance S

균형 측정장비(I balance S, Cyber Medic, Korea)는 8가지 방향의 움직임 분석과 동적 움직임 분석, 4점점 정밀 로드셀을 이용한 무게 중심의 위치 이동을 측정한다(Fig 3). 균형각각 자세 유지 검사와 동적 자세 균형을 위한 안정성 한계 검사, 동적 체중 이동 검사, 자세 위치 검사를 시행할 수 있는 측정 장비이다. 본 연구에서는 정적 균형을 평가하기 위해 자세 위치 검사를 이용하여 10초간 선 자세에서 무게 중심(center of gravity; COG)의 위치 변화에 따라 나타나는 무게 중심 동요 속도(COG sway velocity; COG-SV)와 총 이동 거리(total distance; TD)를 측정하였다. 무게 중심 동요 속도와 총 이동 거리는 그 값이 낮을수록 정적인 상태에서의 균형이 좋다고 볼 수 있다. 동적 균형을 평가하기 위해 동적 자세 균형을 위한 안정성 한계 검사를 이용하였다. 안정성 한계 검사는 선 자세에서 모니터에 나타나는 자신의 무게 중심을 확인하여 프로그램이 지시하는 위치로 무게 중심을 이동시킴으로써 무게 중심 이동 간의 이동속도(movement velocity; MV)를 평가하는 것으로 이동속도가 높을수록 동적 균형이 좋다고 볼 수 있다(Yi 등, 2013). 본 연구에서는 한쪽 무릎관절 전치환술 환자를 대상으



Fig 3. I balance S

로 하여 전방 안정성 한계 검사와 수술쪽 방향 안정성 한계 검사를 실시하였다. 수술쪽 방향에 대한 안정성 한계 검사 값은 절대값으로 산정하여 사용하였다. 측정은 중재 전과 후 각각 3회씩 측정하여 평균값을 이용하였으며, 측정 전 대상자에게 측정방법과 자세에 관해 설명을 하였다.

2) 기능적 팔 뻗기 검사

기능적 팔 뻗기 검사(functional reach test; FRT)는 고령자의 균형을 측정하기 위해 개발된 단일 항목 검사이다. 양발을 어깨너비만큼 벌리고 선 자세에서 오목위팔관절을 90° 굽힘 한다. 발을 움직이지 않고 균형을 유지할 수 있는 한계까지 우세팔을 앞으로 뻗는다. 참가자들이 다양한 뻗기 전략을 사용하는 것은 자유롭게 허용했다. 손허리손가락관절의 끝 위치를 표시하고 시작 자세와 끝 자세 사이의 차이를 기록했다. 참가자가 발을 움직이면 실험한 것을 폐기하고 다시 시도했으며, 2회의 연습 시도가 주어지고 3회의 시도를 기록하여 평균값을 사용하였다. 15 cm이하의 점수는 기능적인 균형 제한을 나타내며 충분한 기능적인 균형 능력을 가지고 있는 대부분의 건강한 사람들은 25 cm나 그 이상을 뻗을 수 있다. 본 연구에서는 중재 전과 후에 측정을 실시하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서 자료 분석은 SPSS 18.0 for window 프로그램을 사용하여 통계 처리하였고, 모든 자료는 평균±표준편차(mean±SD)로 기술하였다. Shapiro-Wilk검정을 이용하여 변수들의 정규성 검정을 하였으며 대상자들의 일반적인 특성은 기술통계를 사용하였다. 각 군의 중재 전과 후의 차이를 검증하기 위해 대응표본 t 검정(paired t-test)을 이용하였고, 실험군과 대조군을 비교하기 위해 독립표본 t 검정(independent t-test)을 사용하였다. 모든 통계학적 유의수준은 p<.05로 설정하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여하기로 한 대상자는 34명이었으나 다리의 급성 질환으로 인한 1명과 수술 일정 변경으로 인한 3명이 중재 프로그램을 완료하지 못하였다. 따라서

최종적으로 30명이 참여하였다. 연구 대상자들의 일반적 인 특성은 Table 1과 같다. 실험군과 대조군의 일반적인 특성에는 유의한 차이가 없었다($p>.05$).

Table 1. General characteristics of participants

(n= 30)

Variable	Experimental group (n=15)	Control group (n=15)	t	p
Gender (male/female)	3/12	4/11		
Age (yr)	72.45±3.72	71.13±5.30	.80	.431
Height (cm)	158.07±8.82	159.67±7.12	.55	.592
Weight (kg)	60.87±12.56	60.33±8.85	.13	.890
Rt TKA	10	8		
Lt TKA	5	7		

mean±SD

2. 실험군과 대조군의 정적 균형변화 비교

무게 중심 동요 속도(COG-SV)는 실험군과 대조군 모두에서 중재 전과 비교하여 중재 후에 유의하게 감소하였고($p<.05$), 군 간에는 유의한 차이가 없었다

($p>.05$)(Table 2).

총 이동 거리(TD)의 변화는 실험군과 대조군 모두에서 중재 전과 비교하여 중재 후에 유의하게 감소하였고($p<.05$), 군 간에는 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 3).

Table 2. The comparison of COG-SV between pre and post value for each groups

(unit: °/sec)

Group	Pre value	Post value	Value difference	t	p
Experimental group	1.11±.31	.56±.13	.55±.27	7.92	.000
Control group	1.07±.15	.63±.12	.44±.14	12.08	.000
t			1.43		
p			.160		

COG-SV; center of gravity sway velocity

Table 3. The comparison of TD between pre and post value for each groups

(unit: mm)

Group	Pre value	Post value	Value difference	t	p
Experimental group	288.53±70.01	152.31±26.42	135.22±69.42	7.54	.000
Control group	286.02±61.86	159.98±20.50	126.04±58.49	8.35	.000
t			.39		
p			.165		

TD; total distance

3. 실험군과 대조군의 동적 균형변화 비교

기능적 팔 뻗기(FRT) 검사는 실험군과 대조군 모두에서 중재 전과 비교하여 중재 후에 유의하게 증가하였다 ($p < .05$). 군 간의 비교에서는 실험군이 대조군에 비하여 유의하게 증가하였다 ($p < .05$) (Table 4).

이동속도(MV) 검사의 전방 및 수술쪽 안정성 한계 검사는 실험군과 대조군 모두 중재 전과 비교하여 중재 후에 유의하게 증가하였고 ($p < .05$), 군 간에는 유의한 차이가 없었다 ($p > .05$) (Table 5).

Table 4. The comparison of FRT between pre and post value for each groups (unit: cm)

Group	Pre value	Post value	Value difference	t	p
Experimental group	15.60±2.34	27.89±3.85	12.29±2.59	-16.90	.000
Control group	15.67±1.95	25.53±2.56	9.87±1.15	-33.11	.000
t			1.43		
p			.033		

FRT; functional reach test

Table 5. The comparison of MV between pre and post value for each groups (unit: °/sec)

Group	Pre value	Post value	Value difference	t	p
FS					
Experimental group	1.64±.40	4.30±.61	2.65±.47	-21.87	.000
Control group	1.77±.38	4.15±.75	2.38±.46	-20.10	.000
t			1.62		
p			.127		
AS					
Experimental group	.99±.34	3.50±.79	2.51±.60	-16.08	.000
Control group	1.12±.51	3.38±.86	2.25±.85	-10.32	.000
t			.95		
p			.352		

AS; affected side, FS; front side, MV; movement velocity

IV. 고찰

본 연구는 무릎관절 전치환술 환자의 넓다리네갈래근에 신경근전기자극치료를 적용하는 것이 정적 균형과 동적 균형에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다. 연구결과 신경근전기자극치료와 능동관절범위운동은 모두 무릎관절 전치환술 환자의 정적 균형과 동적 균

형을 향상시켰다. 또한, 신경근전기자극치료가 동적 균형 평가 항목인 기능적 팔 뻗기 검사에서 능동관절가동 범위운동보다 더 큰 효과가 있었다.

균형은 고유수용성감각계통, 근육뼈대계통, 안뜰계통, 시각계통 및 인지능력 등의 상호작용으로 이루어지고 균형 능력은 다리의 근력과 관련이 있다(Forbes 등, 2018). 최근의 연구에서는 신경근전기자극치료가 무릎관

절 전치환술 환자의 초기 넙다리네갈래근 근력 약화 예방 및 근력 회복을 도울 수 있다고 하였다(Cheuy 등, 2023). 무릎관절 전치환술 환자의 넙다리네갈래근 근력을 증가시키기 위하여 고유수용성 신경근 촉진법을 적용한 연구에서는 정적 균형이 유의하게 증가하였다고 보고하였다(Lee, 2010). 무릎관절 전치환술 환자에게 수중운동을 통해 넙다리네갈래근의 근력을 강화시킨 연구에서도 정적 균형이 유의하게 증가하였다고 보고하였다(Han, 2010). 본 연구에서도 신경근전기자극치료군과 능동관절가동범위운동군 모두 정적 균형의 평가 변수인 무게 중심 동요 속도와 총 이동 거리가 유의하게 감소하여 정적 균형능력이 개선되었다. 이는 신경근전기자극치료와 능동관절가동범위운동 모두 넙다리네갈래근의 근력이 회복되어 선행연구의 결과와 마찬가지로 정적 균형을 향상시켰다고 생각된다. 본 연구에서는 신경근전기자극치료군과 능동관절가동범위운동군 사이에는 유의한 차이가 없었다. 선행연구에서는 무릎관절 전치환술 1일 이내에 넙다리네갈래근에 신경근전기자극치료를 적용하여 보행 훈련을 적용한 대조군보다 균형의 향상을 보고하였다(Lee, 2014). 이는 무릎관절 전치환술 시행 후 신경근전기자극치료를 적용하는 시점의 차이에 의한 것으로 생각된다. 선행연구에서는 신경근자극치료를 수술 후 1일 이내에 적용하였지만 본 연구에서는 14일 후에 적용하였다. 따라서 넙다리네갈래근 근력 회복의 영향력이 무릎관절 전치환술 초기보다 줄어들었기 때문으로 생각된다.

동적 균형은 중력중심을 기저면 안에 위치시켜 원하는 자세를 유지하는 능력으로 하지 근력 강화 훈련으로 향상시킬 수 있다(Muehlbauer 등, 2015). 무릎관절 전치환술 환자에게 동적 균형 훈련을 적용한 연구에서는 균형 능력에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다(Lee 등, 2021). 다른 연구에서는 무릎관절 전치환술 시행 전에 적용되는 균형 훈련이 수술 후 균형결과를 향상시키는 효과적인 방법이라고 하였다(Blasco 등, 2020). 균형 훈련 뿐만 아니라 무릎관절 전치환술 환자의 넙다리네갈래근에 신경근전기자극치료를 적용함으로써 균형을 향상시켰다고 보고하였다(Moreland 등, 2004). 본 연구에서도 신경근전기자극치료군과 능동관절가동범위운동군 모두 기능적 팔 뻗기 검사와 안정성 한계가 개선되어 동적 균

형이 향상되었음을 확인할 수 있었다. 또한, 신경근전기자극치료가 능동관절가동범위운동보다 기능적 팔 뻗기 검사에서 더 좋은 결과가 나타났다. 신경근전기자극치료가 무릎관절 전치환술 환자의 넙다리네갈래근 근력을 증가시키는 것은 이미 여러 선행연구에서 입증되었다(Cheuy 등, 2023; Şavkin 등, 2021; Stevens-Lapsley 등, 2012). 선행연구와 본 연구의 결과를 종합해 보았을 때 능동관절가동범위운동보다 신경근전기자극치료가 무릎관절 전치환술 환자의 넙다리네갈래근 근력을 더 향상시켜 동적 균형을 더 개선 시켰기 때문으로 생각된다. 이는 무릎관절 전치환술 환자에게 균형 훈련을 적용하기 어려운 경우에 신경근전기자극치료를 적용함으로써 균형 능력을 개선시킬 수 있다는 임상적 의미가 있다고 생각된다.

기능적 팔 뻗기 검사에서는 신경근전기자극치료군과 능동관절가동범위운동군 사이에 유의한 차이가 나타났지만 무게 중심 이동 간의 이동속도에서는 두 군 사이에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 동적 균형을 측정하는 평가도구의 차이에 의한 것으로 생각된다. 동적 균형은 단순히 다리의 근력만으로 이루어지는 것이 아니라 주위환경과 신체 위치에 대한 감각 정보, 시각, 안뜰 감각 및 몸감각 정보를 통해 무게 중심의 위치와 자세 변화를 예측하고 조절 해야되는 복잡한 과정을 거쳐야 된다(Lee & Han, 2021). 기능적 팔 뻗기 검사는 몸통과 다리관절의 굽힘이 포함되며 점수를 얻기 위해 여러 가지 다른 전략을 사용할 수 있다(de Waroquier-Leroy 등, 2014). 본 연구의 무게 중심 이동 간의 이동속도 검사는 똑바로 서 있는 자세에서 측정했지만 기능적 팔 뻗기 검사에서는 다양한 전략을 허용했기 때문에 넙다리네갈래근의 근력 외에 다른 전략이 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 연구 대상이 30명으로 대한민국의 모든 무릎관절 전치환술 환자에게 일반화하기에는 어렵다. 둘째, 한쪽 무릎관절 전치환술 환자를 대상으로 하였기 때문에 수술을 하지 않은 다리가 균형에 미치는 영향은 고려하지 못하였다. 셋째, 중재 기간이 4주로 비교적 짧았다. 넷째, 신경근자극치료의 효과가 얼마나 지속되는지 추적관찰을 하지 못하였다. 따라서 추후에는 본 연구의 제한점을 보완하여 더 많은 연구 대상

과 다양한 연구방법으로 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결론

본 연구결과 신경근전기자극치료는 무릎관절 전치환술 환자의 정적 균형과 동적 균형을 향상시켰다. 능동관절가동범위운동과 비교하였을 때 동적균형에서 부분적으로 더 큰 효과가 나타났지만 전체적으로는 비슷한 효과가 있었다. 따라서, 신경근전기자극치료는 무릎관절 전치환술 환자의 균형능력 향상을 위한 다양한 중재 방법 중 한 가지 옵션이 될 수 있다. 특히, 임상환경에서 무릎관절 전치환술 환자에게 균형 훈련을 적용하기 어려운 경우에 효과적인 방법으로 제안된다.

참고문헌

Blasco JM, Acosta-Ballester Y, Martínez-Garrido I, et al(2020). The effects of preoperative balance training on balance and functional outcome after total knee replacement: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 34(2), 182-193. <https://doi.org/10.1177/0269215519880936>.

Bortoluzzi A, Furini F, Scirè CA(2018). Osteoarthritis and its management- Epidemiology, nutritional aspects and environmental factors. *Autoimmun Rev*, 17(11), 1097-1104. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2018.06.002>.

Carlson AK, Rawle RA, Wallace CW, et al(2019). Characterization of synovial fluid metabolomic phenotypes of cartilage morphological changes associated with osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 27(8), 1174-1184. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2019.04.007>.

Cheuy VA, Dayton MR, Hogan CA, et al(2023). Neuromuscular electrical stimulation preserves muscle strength early after total knee arthroplasty: effects on muscle fiber size. *J Orthop Res*, 41(4), 787-792. <https://doi.org/10.1002/jor.25418>.

de Waroquier-Leroy L, Bleuse S, Serafi R, et al(2014). The functional reach test: strategies, performance and the influence of age. *Ann Phys Rehabil Med*, 54(6-7), 452-464. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2014.03.003>.

Domínguez-Navarro F, Igual-Camacho C, Silvestre-Muñoz A, et al(2018). Effects of balance and proprioceptive training on total hip and knee replacement rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*, 62, 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.003>.

Faul F, Erdfelder E, Buchner A, et al(2009). Statistical power analyses using G*power 3.1: tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*, 41(4), 1149-1160. <https://doi.org/10.3758/brm.41.4.1149>.

Forbes PA, Chen A, Blouin JS(2018). Sensorimotor control of standing balance. *Handb Clin Neurol*, 159, 61-83. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63916-5.00004-5>.

Han JH(2010). Effectiveness of 8 weeks of application of aqua complexed exercise on lower limbs muscular strength, pain relief and balance after total knee arthroplasty. Graduate school of Korea University, Republic of Korea, Master's thesis.

Kan HS, Chan PK, Chiu KY, et al(2019). Non-surgical treatment of knee osteoarthritis. *Hong Kong Med J*, 25(2), 127-133. <https://doi.org/10.12809/hkmj187600>.

Kittelson AJ, Stackhouse SK, Stevens-Lapsley JE(2013). Neuromuscular electrical stimulation after total joint arthroplasty: a critical review of recent controlled studies. *Eur J Phys Rehabil Med*, 49(6), 909-920.

Klika AK, Yakubek G, Piuizzi N, et al(2022). Neuromuscular electrical stimulation use after total knee arthroplasty improves early return to function: a randomized trial. *J Knee Surg*, 35(1), 104-111. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1713420>.

Lee DH, Han SK(2021). Dynamic balance measurements: reliability of smartphone attachment sites. *J Bodyw Mov Ther*, 27, 222-226. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.03.004>.

Lee HG, An J, Lee BH(2021). The effect of progressive dynamic balance training on physical function, the

- ability to balance and quality of life among elderly women who underwent a total knee arthroplasty: a double-blind randomized control trial. *Int J Environ Res Public Health*, 18(5), Printed Online. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052513>.
- Lee JH(2010). Effect of lower extremity patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation on pain and balance in total knee replacement. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee SH(2014). The effects of physical therapy intervention methods on range of motion, muscular strength, and balance after total knee replacement. Graduate school of Kwangju women's University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, et al(2015). Effects of balance training on balance performance in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 45(12), 1721-1738. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0375-y>.
- Liddle AD, Pegg EC, Pandit H(2013). Knee replacement for osteoarthritis. *Maturitas*, 75(2), 131-136. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.03.005>.
- Mistry JB, Elmallah RD, Bhave A, et al(2016). Rehabilitative guidelines after total knee arthroplasty: a review. *J Knee Surg*, 29(3), 201-217. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1579670>.
- Moreland JD, Richardson JA, Goldsmith CH, et al(2004). Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc*, 52(7), 1121-1129. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2004.52310.x>.
- Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U(2015). Associations between measures of balance and lower-extremity muscle strength/power in healthy individuals across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 45(12), 1671-1692. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0390-z>.
- Peng L, Wang K, Zeng Y, et al(2021). Effect of neuromuscular electrical stimulation after total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Med*, 8, Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.779019>.
- Pirayeh N, Kazemi K, Rahimi F, et al(2022). The effect of balance training on functional outcomes in patients with knee osteoarthritis: a systematic review. *Med J Islam Repub Iran*, 36, Printed Online. <https://doi.org/10.47176/mjiri.36.107>.
- Prince MJ, Wu F, Guo Y, et al(2015). The burden of disease in older people and implications for health policy and practice. *Lancet*, 385(9967), 549-562. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(14\)61347-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(14)61347-7).
- Rätsepsoo M, Gapeyeva H, Sökk J, et al(2013). Leg extensor muscle strength, postural stability, and fear of falling after a 2-month home exercise program in women with severe knee joint osteoarthritis. *Medicina*, 49(8), 347-353.
- Şavkin R, Büker N, Güngör HR(2021). The effects of preoperative neuromuscular electrical stimulation on the postoperative quadriceps muscle strength and functional status in patients with fast-track total knee arthroplasty. *Acta Orthop Belg*, 87(4), 735-744. <https://doi.org/10.52628/87.4.19>.
- Shin YS, Lee YH(2018). The effects of an early knee joint exercise education program on pain, knee range of motion, and satisfaction in patients after undergoing total knee replacement arthroplasty. *J Korean Clin Nurs Res*, 24(3), 283-292. <https://doi.org/10.22650/JKCNR.2018.24.3.283>.
- Stevens-Lapsley JE, Balter JE, Wolfe P, et al(2012). Early neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps muscle strength after total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Phys Ther*, 92(2), 210-226. <https://doi.org/10.2522/ptj.20110124>.
- Swingler TE, Niu L, Smith P, et al(2019). The function of microRNAs in cartilage and osteoarthritis. *Clin Exp Rheumatol*, 120(5), 40-47.
- Uivaraseanu B, Vesa CM, Tit DM, et al(2022). Therapeutic approaches in the management of knee osteoarthritis. *Exp Ther Med*, 23(5), Printed Online. <https://doi.org/>

10.3892/etm.2022.11257.

Yi JW, Yu M, Lee AR, et al(2013). Effects of postural balance at game-based visual feedback training of the elderly. *J Korea Contents Assoc*, 13(10), 9-18. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.10.009>.

Yoshida Y, Ikuno K, Shomoto K(2017). Comparison of the

effect of sensory-level and conventional motor-level neuromuscular electrical stimulations on quadriceps strength after total knee arthroplasty: a prospective randomized single-blind trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 98(12), 2364-2370. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.05.005>.